МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. К. И. САТПАЕВА

Институт Информационных Технологий

Кафедра Вычислительной Техники

СРС
По дисциплине: Интерфейсы компьютерных систем

Тема: Человеко-машинное взаимодействие. Нейроинтерфейс.

#	Качество выполнения работы	Диапазон оценки	Получено
1	Не выполнено. Отсутствие на занятиях без уважительных причин	0%	
2	Выполнение и активность обучающегося	0-50%	
3	Самостоятельная систематизация материала	0-10%	
4	Выполнение требуемого объема в указанный срок	0-5%	
5	Использование дополнительной литературы	0-5%	
6	Уникальность выполнения	0-10%	
7	Защита работы	0-10%	
	Итого	0-100%	

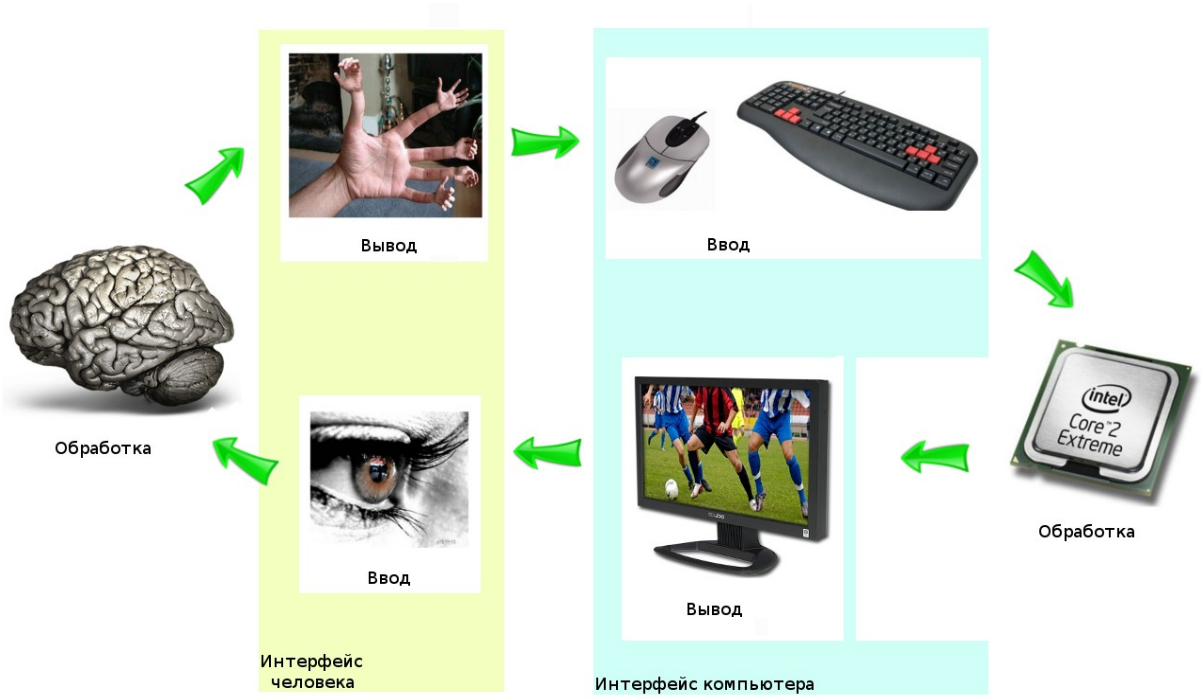
Принял: Жумагалиев Б. И.
"___" ________ 2008 г.

Выполнил: Элбакян А. А.
Специальность: ВТиПО (050704)
Группа: ВПбВ-05-04р

Алматы 2008

Введение

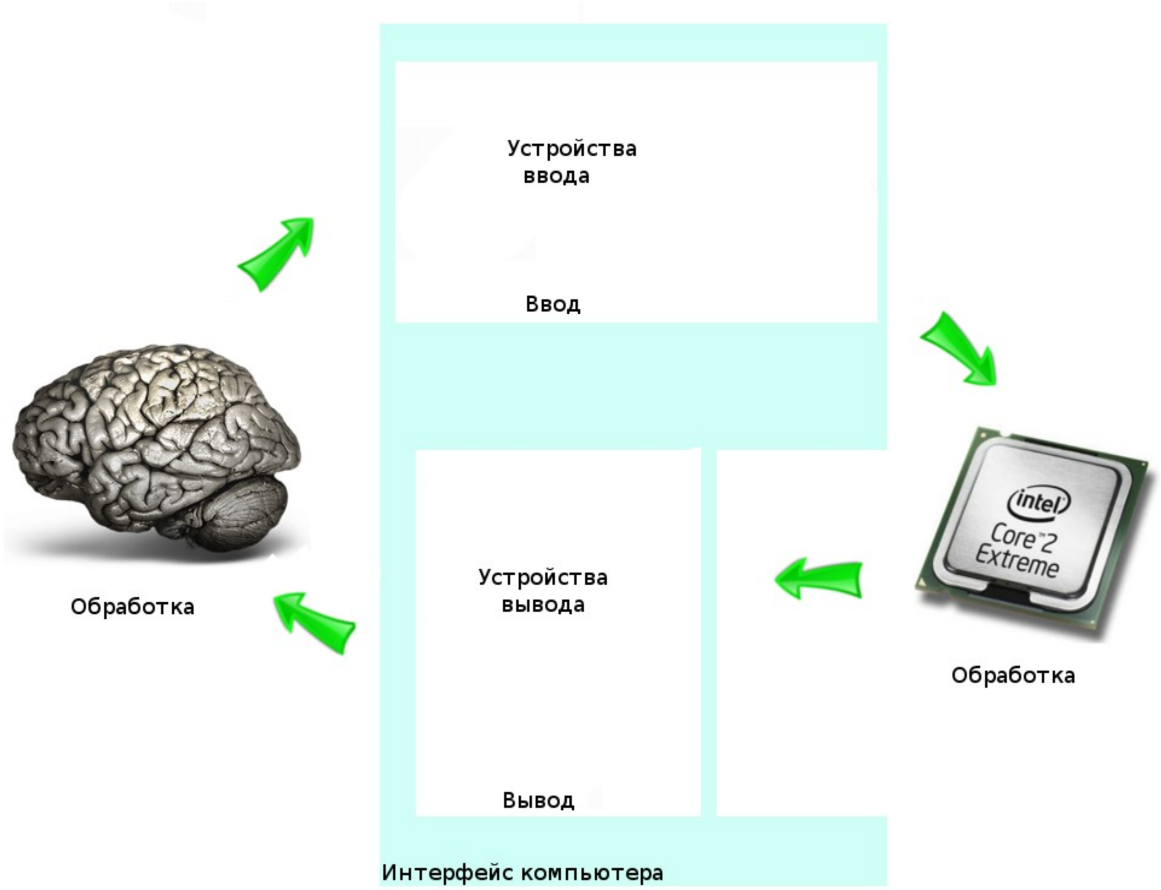
До сих пор мы говорили об интерфейсе, имея ввиду только ту его часть, которая предоставляется со стороны машины - человеку. Но не следует забывать о том, что в процессе взаимодействия человека и компьютера одинаково участвуют обе стороны. Компьютер получает от человека информацию и команды через свои устройства ввода (наиболее распространенные - клавиатура и мышь), обрабатывает ее центральным процессором и возвращает результаты этой обработки на устройства вывода (экран). Человек считывает информацию с экрана, используя свои глаза, обрабатывает ее при помощи мозгов, и в зависимости от результатов этой обработки подает компьютеру какие-то новые команды или вводит в него какую-то новую информацию, пользуясь для этого, чаще всего, своими руками. Весь процесс взаимодействия человека и компьютера можно наглядно представить себе в виде следующей диаграммы:



По этой схеме работают большинство современных компьютерных систем. Однако у нее есть недостаток, и заключается он в следующем: если хоть одно из звеньев цепочки, по которой циркулирует информация (на рисунке ее переходы обозначены зелеными стрелками) выйдет из строя, то вся система окажется неработоспособной; если одно из звеньев работает плохо, то это снижает производительность всей системы. Если бы мы могли быть уверены хотя бы в 90% надежности абсолютно всех компонентов, то этот недостаток не был бы столь существенен. Но в нашем случае уверенным можно быть в надежности только правой половины, т.е. компьютера: даже если какой-то из его компонентов выходит из строя, он легко заменяется на новый. А вот про человека такого сказать нельзя. Его интерфейс, по сравнению с компьютерным, изнашивается очень быстро: с возрастом зрение и слух постепенно садятся, в конечностях появляются боли, они становятся менее подвижными. А некоторые люди этого интерфейса совсем лишены: например, если в результате аварии человек потерял обе руки, или слепой

от рождения. И в отличие от компьютерных компонентов, человеческие легкой замене и восстановлению не подлежат.

Получается, что человеческий интерфейс в данной системе представляет собой слабое звено, которое ставит под угрозу общую работоспособность. Как же избавиться от этой угрозы? Решение очевидно – просто удалить ее из диаграммы, и прийти таким образом к более совершенной модели компьютерной системы:

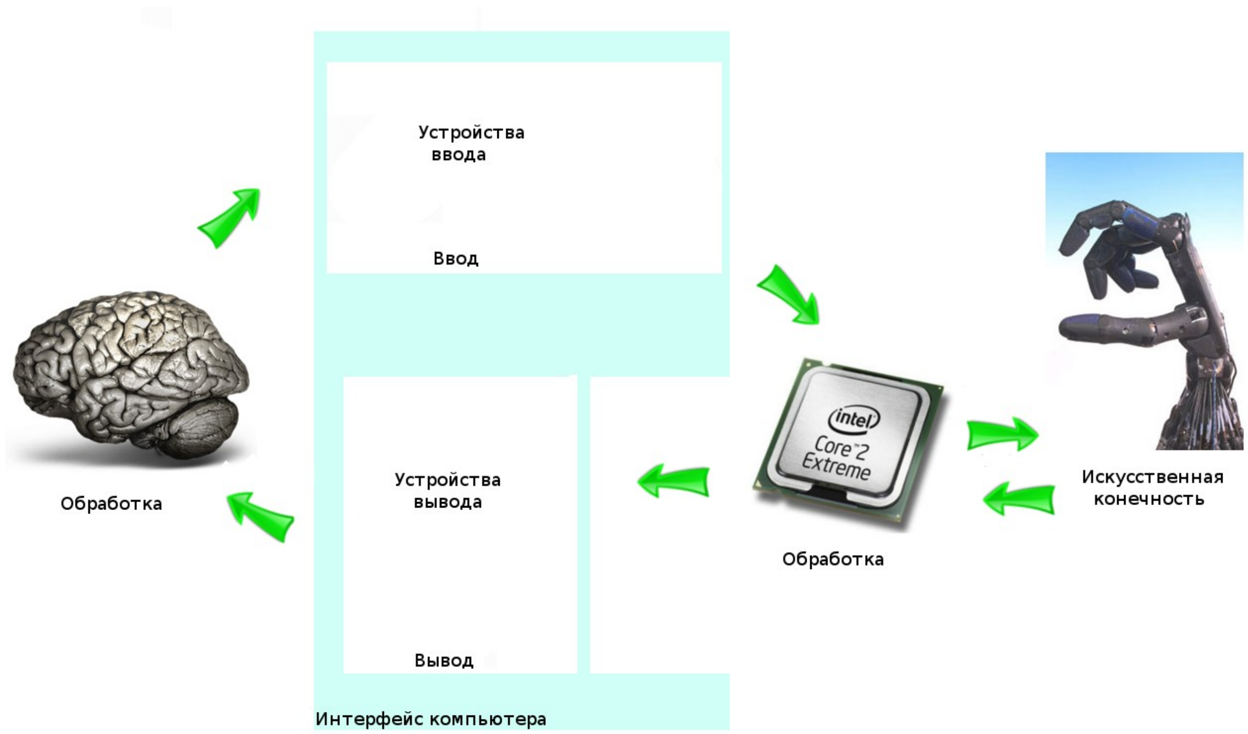


В этой системе взаимодействие с мозгом происходит напрямую. И для того, чтобы ввести информацию, отдать команду машине или выполнить с ее помощью какое-нибудь действие, человеку достаточно просто подумать об этом. Такой способ взаимодействия получил название “нейроинтерфейс” (или нейро-компьютерный интерфейс, Brain-Computer Interface – BCI или Brain-Machine Interface – BMI).

Возможности нейроинтерфейса

Нейроинтерфейс - это не просто какой-то более удобный и надежный способ взаимодействия человека с компьютером, как может показаться на первый взгляд. Этот интерфейс может работать в качестве промежуточного звена, соединяющего мозг человека с другими электронными устройствами. Благодаря этому слепой снова начинает видеть, глухой – слышать, а инвалид вновь обретает устраченную конечность, ведь вместо глаз, ушей, рук или ног используются искуственные устройства, которые посредством этой системы связываются с мозгом. Такие устройства называются нейропротезами. В конечном итоге нейропротезы вполне могут превзойти естественные органы по своим параметрам, и начать пользоваться широким спросом и у здоровых людей.

Но, наверное, самое захватывающее применение, которое может получить такая система – это возврат в нормальную жизнь людей, находящихся в коме, а также полностью парализованных. Ведь очень часто их сознание находится в полном порядке, в некоторых случаях они способны воспринимать все, что происходит вокруг, но при этом эти люди абсолютно лишены возможности контактировать с окружающим миром (т.н. "синдром запертого человека" - им страдают 500 000 людей по всему миру). А благодаря нейроинтерфейсу они снова смогут общаться со своими друзьями и родственниками, заниматься любимой работой, в общем, жить полноценной жизнью.



Принципы мысленного управления электронными устройствами можно применять не только для облегчения жизни инвалидов. По словам Алексея Иваницкого, заведующего специальной лабораторией Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, одного из ведущих специалистов в мире по изучению физиологических основ психики человека, нейроинтерфейсы могут применяться в работе оператора любой сложной системы. «Например, при

подготовке космонавта можно использовать тренажер, который решает одновременно две задачи: на координацию и на выполнение различных инструкций, — отмечает ученый. – Компьютер способен определить, насколько правильно организован мыслительный процесс, насколько быстро реагирует космонавт на различные испытания. Аналогичная система может наблюдать за мозгом авиадиспетчера: если тот отвлекся и считает ворон, она вовремя заметит этот печальный факт и подаст предупреждающий сигнал».

Любопытно, что нейроинтерфейс открывает новые перспективы даже для геймеров — в ближайшем будущем он позволит при помощи мысли управлять объектами и героями виртуального мира. Разница между реальным и виртуальным миром, таким образом, почти сотрется.

Компания Microsoft давно изучает возможности разработки интерфейса между мозгом и компьютером. Руководитель этого проекта, Дисней Тан, говорит, что корпорация собирается научить нейроинтерфейс управлять программами и переключать окна в Windows.

Инженеры же из лаборатории «Музыка будущего» Плимутского университета (Великобритания) пошли еще дальше и объявили о том, что с помощью их оборудования можно мысленно писать музыку. Правда, пока оно способно распознавать только самые примитивные мелодии.

Нейроинтерфейсы помогают даже в тех случаях, когда надо просто хорошо отдохнуть. Весной 2003 года исследователи из шведского Интерактивного института представили вниманию публики игру Mindball, или «Мозгобол». Два человека в «телепатических» банданах сидят за столом, под которым размещены мощные электромагниты, и стараются закатить металлический шар в ворота противника. Побеждает тот игрок, который сумеет лучше расслабиться: система регистрирует активность альфа-волн в мозгу игроков, которые имеют наибольшую амплитуду в состоянии спокойного бодрствования.



Мозговой футбол

История создания

Сама идея об управлении машиной одной лишь силой мысли не новая, она зародилась еще в середине XX века, когда для изучения деятельности мозга стали широко применяться электроэнцефалографы (ЭЭГ). Первым человеком, реализовавшим ее на практике, стал англичанин Эдмонд Деван. В 1967 году в Кембридже он провел серию экспериментов, в ходе которых люди, подключенные к аппаратуре ЭЭГ, учились контролировать амплитуду мозгового альфа-ритма. Испытуемые самостоятельно, то расслабляясь, то возбуждаясь, передавали сигналы, преобразовываемые компьютером в точки или тире, складывающиеся в азбуку Морзе. Первым словом, мысленно переданным на телетайп, стало слово «кибернетика».

Идею тут же подхватили военные. В начале 1970-х годов американское Агентство перспективных оборонных разработок (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA, известное своим ключевым вкладом в появление технологии Интернет) объявило о начале работ по созданию – ни много ни мало – истребителя, управляемого одной лишь силой мысли. К исследованию подключились ведущие научные организации США. Разрабатывались системы, дававшие возможность летчику, не отвлекаясь от управления самолетом, включать и выключать ряд функций авионики. К сожалению, низкий уровень тогдашних технологий не позволил довести начатую работу до конца. Компьютеры и другие электронные приборы были слишком велики для размещения на самолетах, да и производительность их заставляла желать лучшего. Программа была свернута.

Тем не менее, весомый научно-экспериментальный базис был заложен, и основной мотивацией последующих исследований стала помощь больным людям. Первым полноценную искусственную конечность, разработанную шотландцами, получил доброволец Кэмпбелл Эйрд, который лишился руки из-за рака. Известность разработка приобрела после того, как Эйрд смог возобновить полеты на своем частном самолете и заниматься спортивной стрельбой. Однако шотландское правительство не слишком баловали университетских исследователей финансированием, поэтому для создания первого прототипа потребовалось несколько лет в период с 1987 по 1993 год и множество небольших грантов от международных организаций.

В 1988 году Фарвел и Дончин впервые реализовали клавиатуру, которая позволяла печатать текст силой мысли. На экран выводился алфавит, и человек должен был сконцентрироваться на букве, которую он хотел набрать.

Начиная с середины 1990-х годов развитие нейроинтерфейсов пошло очень быстрыми темпами. Если в 1994 году было всего 6 исследовательских групп, занимавшихся BCI, то на первый международный съезд по BCI в 1999 году приехали исследователи из 2-х десятков лабораторий. На втором съезде в 2002 году были исследователи, представлявшие 38 исследовательских групп, включая США, Германию, Китай, Финляндию, Швейцарию, Англию, Канаду и др. Сейчас их число перевалило за сотню. Начиная с 2001 года между BCI системами даже проводятся регулярные соревнования.

Растет и финансирование этих разработок: в 1999-2001 годах Европейский Союз профинансировал международный проект по созданию адаптивной BCI

системы. В 2006-2010 годах в ЕС потратят 33 миллиона евро в рамках четырех проектов в этой области. В США Национальный институт здоровья (NIH) в 2002 году выделил 3.3 миллиона долларов на дальнейшую разработку клинических BCI систем. А DARPA выделило 26 миллионов на улучшение технологии инвазивной BCI.

Интерес широкой публики к этому направлению постоянно подогревается фантастическими фильмами, например, Firefox, Johnny Mnemonic, Matrix, X-Man.

Мировыми лидерами по BCI на сегодняшний день являются Германия, Австрия, Австралия и США.

Постоянный прогресс в области техники регистрации мозговой активности, алгоритмов обработки сигналов и распознавания образов, более глубокое понимание нейрофизиологии и вовлечение все большего числа ученых в эти работы обеспечивают неуклонный рост числа приложений и динамичный прогресс всего направления в целом.

Принцип работы

Рассмотрим, как устроены эти самые нейроинтерфейсы, т.е. каким образом может быть осуществлено подключение устройства к мозгу.

Мозг, если говорить упрощенно, состоит из огромного количества маленьких клеток – нейронов, которые, обмениваясь между собой электрическими сигналами, осуществляют процесс мышления. Поэтому первый, и наиболее распространенный, способ заключается в считывании этих электрических сигналов для приема информации или команд из мозга и посылке сигналов нейронам для передачи информации обратно в мозг. Так работают инвазивные интерфейсы, а также интерфейсы, основанные на снятии электрокортикограммы (ЭКоГ), электроэцефалограммы (ЭЭГ), магнитоэнцефалограммы (МЭГ).

В качестве источника информации об активности нейронов могут быть использованы не только электрические сигналы. Не следует забывать о том, что мозг все-таки является биологической системой, и для его нормальной работы ему необходима постоянная подпитка. Нейроны, которые работают более интенсивно, интенсивнее потребляют различные питательные вещества из крови, так что степень активности нейронов может быть определена по концентрации этих веществ в крови. Таким путем работают интерфейсы на основе оптической топографии (ближняя инфракрасная спектроскопия) и функционального магнитного резонанса.

Методы соединения с ЦНС принято разделять на инвазивные, частично инвазивные и неинвазивные, в зависимости от того, насколько близко к нервной ткани располагается интерфейс. Небольшие расстояния обеспечивают лучшее разрешение (временное и пространственное) и качество сигнала.

При инвазивном методе подключения интерфейс внедряется напрямую в мозг в процессе нейрохирургической операции. При частично инвазивных методах интерфейс располагается внутри черепной коробки, но непосредственного внедрения его в нервную ткань не производится. К этой группе относится такой метод как электрокортикография. Неинвазивные методы вообще не требуют проведения операции, весь интерфейс располагается снаружи человеческого тела. К этой группе относятся электроэнцефалография, магнитоэнцефалография, функциональный магнитный резонанс, оптическая топография.

Для улучшения характеристик нейроинтерфейса сигналы могут считываться одновременно несколькими методами.

Полученные с мозга сигналы подвергаются предварительной обработке для очистки от помех, а затем анализу, при котором система пытается найти в них какие-то знакомые ей шаблоны, которые она знает, как интерпретировать. Например, в тот момент, когда человек мысленно перемещает руку влево, нервные клетки работают каким-то определенным образом, и соответственно в сигналах, которые они генерируют, проявляются определенные закономерности. Система узнает эти закономерности и перемещает курсор влево.

Раньше во все системы набор шаблонов закладывался заранее, и человеку часто приходилось долго и упорно тренироваться на протяжении нескольких месяцев, чтобы научить свой мозг создавать сигналы, которые бы соответствовали этим шаблонам. А сейчас появились системы, которые умеют сами подстраиваться

под сигналы, создаваемые мозгом конкретного человека. В таких системах на тренировку уходит несколько минут.

Интерфейсы на основе ЭЭГ

Внешне они выглядят как шлем или шапочка, которая одевается на голову. В шапочке располагаются чувствительные электроды, которые воспринимают электрические сигналы, создаваемые мозгом в процессе работы.



Шапочка для регистрации мозговой активности методом ЭЭГ

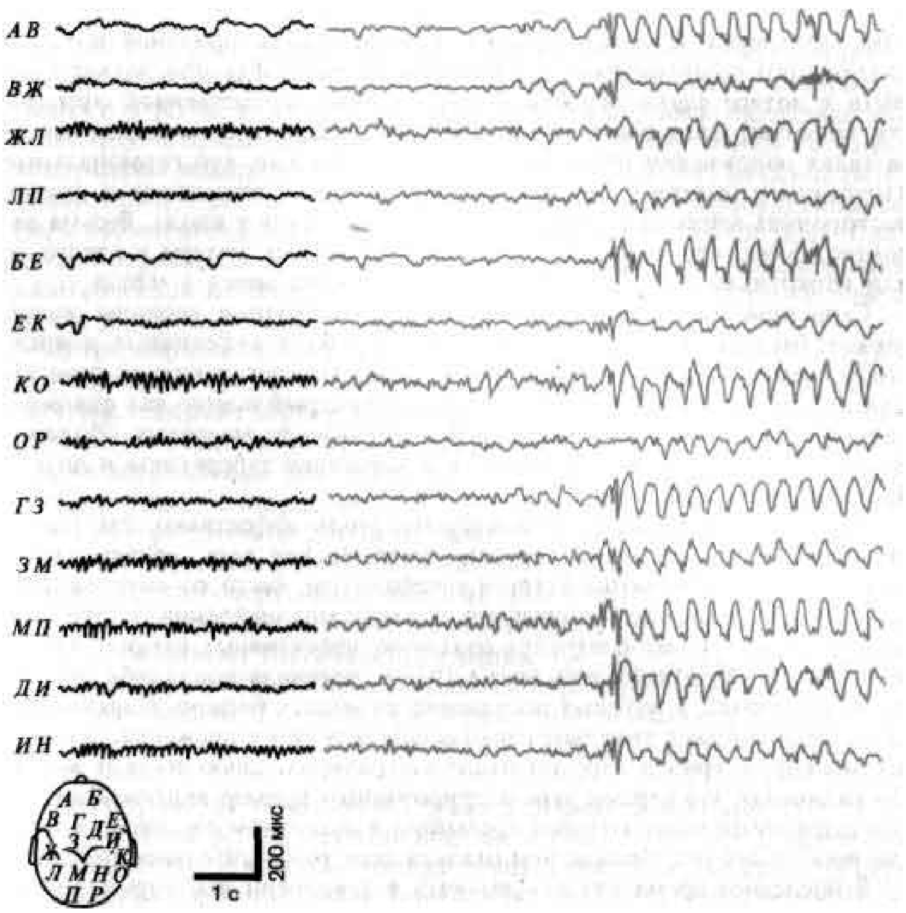
Начало электроэнцефалографическим исследованиям положил В. В. Правдич-Неминский, опубликовав 1913 году первую ЭЭГ, записанную с мозга собаки. Первая запись ЭЭГ человека получена австрийским психиатром Гансом Бергером в 1928 году. Работы Бергера, а также сам метод энцефалографии (от электро- и греч. enkephalos - головной мозг и греч. grapho - писать, изображать) получили широкое признание лишь после того как в мае 1934 года Эдриан и Мэттьюс впервые убедительно продемонстрировали «ритм Бергера» на собрании Физиологического общества в Кембридже.

В течение многих лет ЭЭГ успешно используется для:

- диагностики неврологических расстройств в клиниках и госпиталях;
- для исследования функций мозга в нейрофизиологических лабораториях;
- для терапевтических целей на основе биологической обратной связи.

С помощью ЭЭГ исследуют эпилепсию, обмороки, нарушения сна (теории сна зачастую основаны на энцефалограммах, записанных во время сеансов сна), кому, слабоумие. В законодательстве некоторых стран эта методика имеет юридическую силу и служит формальным критерием при диагностике смерти мозга.

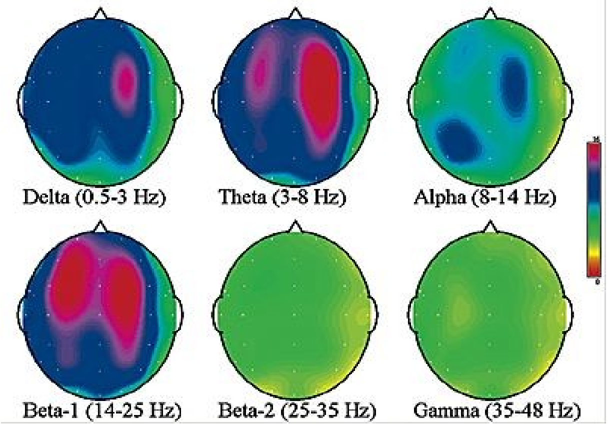
На рисунке показана электроэнцефалограмма человека. Электроды обозначены заглавными буквами. На ЭЭГ отображается изменение во времени напряжения, в данном случае – возникающего между парами электродов (в других случаях, например, может регистрироваться разность между напряжением на каждом электроде и средним напряжением на всех электродах)



ЭЭГ человека

Таким образом, методом ЭЭГ регистрируются колебания напряжения. В зависимости от частотного диапазона, амплитуды, формы волны, топографии и др. различают типы колебаний – ритмы (или волны) ЭЭГ, которые обозначают греческими буквами. Каждый ритм соответствует некоторому определённому состоянию мозга и связан с определёнными церебральными механизмами, поэтому на основе анализа отдельных ритмов ЭЭГ можно построить нейроинтерфейс.

.



Ритмы ЭЭГ. Преобладание зеленого цвета - состояние покоя, а фиолетовые тона - показатель активности

Здесь уже упоминалось, что самый первый нейроинтерфейс был сделан в 1967 году на основе альфа-волн. Альфа-волны, или волны Бергера (8–12 Гц), характерны для расслабленного состояния и состояния бдительного внимания.

Расслабляясь а напрягаясь, человек может управлять своим альфа-ритмом и посредством него – компьютером. Среди всех мозговых ритмов альфа-ритм – самый легкий в управлении.

Но это не помешало в 1991 году Уольпау создать нейроинтерфейс, основанный на регистрации мю-ритма (сенсоримоторный ритм, ритм ЭЭГ в полосе частот 8-12 Гц, регистрируемый в состоянии бодрствования в центральных и центрально-височных регионах скальпа). В эксперименте Уольпау люди должны были, управляя своим мю-ритмом, перемещать курсор на экране вверх или вниз. Интерфейс был настроен таким образом, что, если амплитуда мю-ритма была обыкновенной для человека (<4 мкВ), то курсор оставался на месте или медленно сползал вниз, а при более высокой – поднимался вверх. За 12 45-минутных сеансов в течении двух месяцев люди достаточно хорошо научились подводить курсор к нужному месту, которое отмечалось на экране – 80-95% попаданий с частотой 10-29 раз в минуту. И это при том, что в своем интерфейсе Уольпау использовал всего два электрода.

Другой пример - в 1990 году парализованный на все четыре конечности 51-летний Джим Джэтич научился перемещать курсор на экране компьютера. Устройство считывало его электроэнцефалограмму и анализировало ее на присутствие бета-ритма (колебания потенциала в диапазоне от 14 до 30 Гц с амплитудой 5-30 мкВ, характерные для состояния активного бодрствования), в зависимости от результатов курсор перемещался вверх или вниз. Джиму понадобилось тренироваться по два раза в неделю в течении нескольких месяцев.

А совсем недавно австрийская компания Guger Technologies показала разработанный ею нейроинтерфейс на международной выставке Medica в Дюссельдорфе. Он работает, используя не один, а сразу два ритма: альфа и бета.

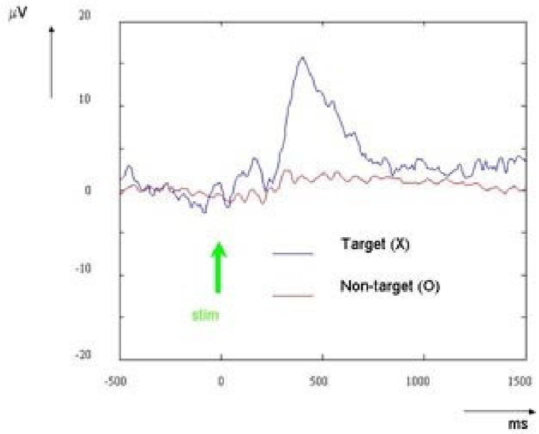
«Вот запись вашей энцефалограммы. Верхний график отображает альфа-ритм мозга, нижний - бета-ритм. Анализируя оба графика, мы будем предсказывать ваши мысленные желания», - показывает на экран компьютера руководитель Guger Technologies Кристофер Гюгер. Стоило мне внимательно посмотреть на одну из кривых на графике, как она резко скакнула вверх – пишет журналист Newsweek, - Австрийские ученые сделали ставку на простоту: на голове пациента закрепляются всего пять электродов. «Это нормальный баланс между количеством электродов, информацией, которую получает компьютер, и ценой, ведь чем больше электродов, тем сложнее и, соответственно, дороже аппаратура», - объясняет Кристофер Гюгер.

Алгоритм, который заложен внутри прибора, связан с распознаванием в электроэнцефалограмме движения левой или правой конечности. Когда мысль о руке начинает ее «поднимать», альфа-ритм падает, а стоит ей «остановиться», как тут же устремляется вверх бета-ритм. «В норме необходимо пять-шесть часов тренировки, чтобы показать нормальный результат», - говорит Кристофер. За свою разработку австрийцы запросили немалую сумму - €4000, и получили сотни заказов.

Анализ мозговых ритмов – не единственный способ организации нейроинтерфейса на ЭЭГ. Клавиатура, разработанная в 1988 году Фарвелом и Дончином, работала, анализируя ЭЭГ на возникновение в ней так называемой “волны Р-300”. Р-300 - это увеличение напряжения, которое возникает через 300 мс после того, как человек увидит или услышит что-то, что имеет для него особое

значение. Например, если человек задумает про себя какую-нибудь букву, и эта буква потом будет показана на экране, то примерно через 300 мс поле показа мозг сгенерирует волну Р-300, если на экране появится какая-нибудь другая буква, волна будет отсутствовать или будет выражена гораздо слабее. Впервые волна Р-300 была описана в 1965 году.

Для того, чтобы научиться работать с такой системой, человеку обычно требуется несколько минут.



Р-300 на ЭЭГ

«Одна из реализаций подобного интерфейса была создана нашей фирмой, — рассказал РБК daily Дмитрий Карловский, программист компании Neurobotics. — Она позволяет вводить в компьютер текст без помощи клавиатуры: на экране отображаются буквы русского алфавита, которые время от времени подсвечиваются кратковременной вспышкой (период между вспышками составляет всего 125 миллисекунд). Человеческий мозг успевает отреагировать на вспышку нужной ему буквы активностью теменной зоны, с которой связан электрод. Для того чтобы погасить шум, то есть случайные, неосознанные случаи выбора той или иной буквы, требуется 15 так называемых усреднений, повторяющихся сигналов, связанных с одной и той же буквой. При использовании таблицы 6х6, куда с избытком умещается весь русский алфавит, ввод фразы занимает несколько минут».

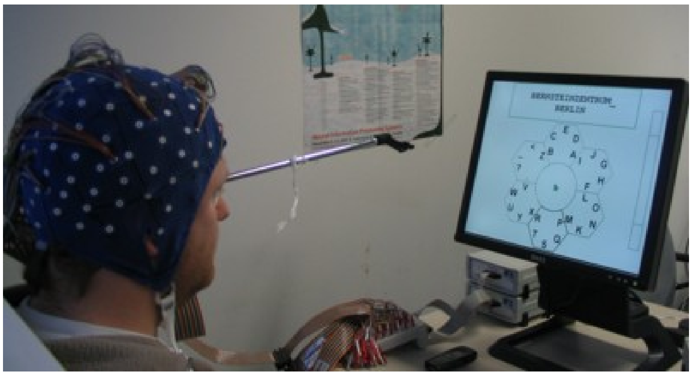
По окончании эксперимента исследователи объясняют, что основные их задачи сейчас — повышение точности и скорости: «На одну букву уходит около полутора минут, но мы можем сократить это время. Достоверность распознавания команд машиной составляет 96%, и тут тоже есть возможности для улучшения алгоритма. Ошибка при наборе текста не так страшна, её можно спокойно исправить. А вот при управлении инвалидной коляской она может оказаться фатальной. Человек захочет поехать в одну сторону, а коляска двинется в другую».

Для удобства использования клавиатуры на основе Р-300 часто снабжаются возможностью воспроизведения набранного слова.

Сейчас существуют ЭЭГ-интерфейсы, способные подстраиваться под конкретного пользователя. В процессе тренировки для каждой команды, которую должна уметь выполнять система, человек мысленно представляет какое-нибудь действие, или каким-либо образом меняет состояние своего сознания (например, расслабляясь). Система запоминает характер электрической активности в момент представления, и когда оно снова вызывается пользователем, узнает его и

выполняет команду.

Например, в марте 2006 года на выставке CeBIT’06 (выставке высоких технологий, ежегодно проходящей в Ганновере) специалисты из Института Фраунхоффера представили оригинальнуя систему под названием «Берлинский мозг», которая позволяет завершить обучение всего за полчаса. В ходе демонстрации несколько добровольцев печатали при помощи мысленных команд текст (конечно, медленно, но правильно) и даже играли в простейшие компьютерные игры. Внешне эта система выглядит как плотно облегающая череп шапка с 128 электродами.



Система “Берлинский мозг”

Экран монитора разбит на шесть шестиугольных сот, расположенных по кругу, как в часах, и в каждой из сот содержится несколько букв. Между сотами вращается стрелка. Чтобы поворачивать стрелку в одну или в другую сторону, оператор представляет, что двигает правой или левой рукой. Таким путем он мысленно подводит стрелку курсора к нужной соте и отдает команду «выбор». В этот момент сота увеличивается на весь экран, и буквы выстраиваются по кругу. Теперь стрелкой можно отметить нужный символ.

В 2008 году компания Emotiv выпустила настраиваемый шлем EPOC, нацеленный, прежде всего, на аудиторию любителей компьютерных игр. Стоит он всего 300$ и передает сигналы на компьютер по беспроводной связи, а принимает их устройство размерами не больше USB-флешки.

В процессе тренировки, которая занимает несколько минут, пользователю предлагается с выбранным действием связать любое – произвольное – представление или состояние сознания. Конечно, шлем не сможет различить состояния, слишком похожие друг на друга, но, по крайней мере, он без проблем понимает:

- Без всяких видеокамер - мимику – например, улыбку, нахмуренное выражение лица , открытый и закрытый рот и даже направление взгляда и моргания
- Состояния расслабленности и возбуждения
- Различные движения – толчки, дергания, скольжения, повороты, поднятие и бросание и др.



Шлем EPOC

Достоинства нейроинтерфейсов на основе ЭЭГ – это их относительная дешевизна и простота использования. К тому же метод обладает высоким частотно-временным разрешением, т.е. быстро реагирует на изменения активности мозга. Если в других методах регистрации мозговой активности временной масштаб может лежать в диапазоне секунд или даже минут, то ЭЭГ способна реагировать на миллисекундные изменения.

К недостаткам ЭЭГ относится то, что его нельзя использовать для анализа активности отдельных нейронов - он отображает только суммарную активность большого количества нервных клеток. К тому же сигнал, генерируемый мозгом, прежде чем достигнуть поверхности головы, где располагается интерфейс, многократно ослабляется (амплитуда сигналов составляет около 100 мкВ на коже головы и 1–2 мВ в коре мозга) и искажается, проходя через мягкую оболочку мозга, твердую оболочку, череп и кожу. Поэтому точную картину процессов, происходящих в мозге, получить с помощью ЭЭГ не удастся. Это ограничивает возможности интерфейсов на его основе.

Теннис в коме

Женщина в коме играет в теннис! Раскрыты мысли женщины в "бодрствующей коме"! Сенсационное сообщение британских учёных стало причиной возобновления научных дискуссий о пациентах, которых принято называть "растительными людьми" или "овощами". Неужели они могут ответить на устные команды? Они могут выборочно думать о выполнении определённых действий?

"Мы использовали функциональную магнитно-резонансную визуализацию, чтобы продемонстрировать сохранившееся сознательное понимание у пациента, отвечающего всем критериям диагноза вегетативное состояние. Когда пациента просили вообразить игру в теннис или мысленно переместиться по его дому, пациент активизировал те же поля коры головного мозга и точно таким же образом, как это делали здоровые добровольцы", — сообщили в своей статье в журнале Science доктор Эдриан Оуэн (Adrian M. Owen) и пятеро его коллег из Великобритании и Бельгии.

Если так можно выразиться, предметом исследования группы Оуэна стала 23-летняя женщина, пострадавшая в автомобильной катастрофе в июле 2005 года и, по меньшей мере, в течение пяти месяцев не демонстрировавшая никаких признаков сознательного понимания.

Пациентка спала с широко раскрытыми глазами, но не сосредотачивала взгляд ни на чём определённом, не издавала ни звука, не шевелилась и так далее. Не было никаких сомнений — вегетативное состояние налицо.

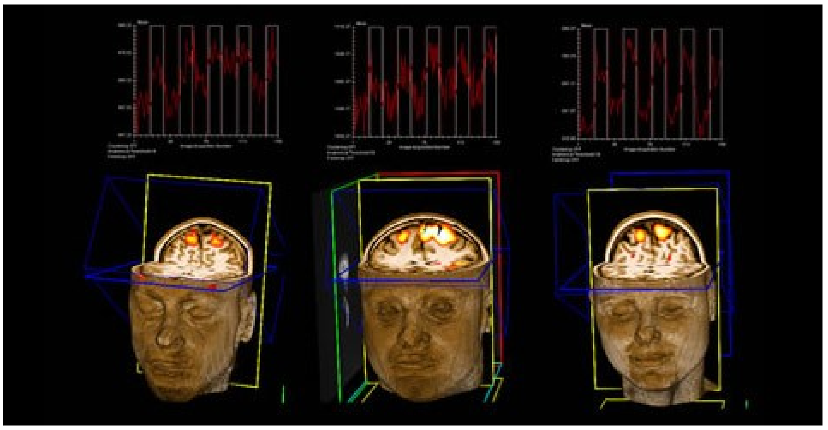
У доктора Оуэна и его команды три главных направления исследований: лобная доля большого мозга человека, дисфункции мозга при болезни Паркинсона и когнитивная функция у людей в вегетативном состоянии.

Включив магниторезонансный сканер для просмотра головы пациентки, учёные задавали женщине вопросы типа "Добавить ли вам в кофе молоко и сахар?" и следили за реакцией мозга. После того, как результаты этих опытов были задокументированы, исследователи усложнили эксперимент, предложив пациентке "проиграть в голове" различные сценарии.

Среди поставленных задач были воображаемая игра в теннис и просьба представить посещение всех комнат в доме женщины, начиная от входной двери. Зафиксировав и эти данные, учёные пригласили 12 здоровых добровольцев, которые должны были делать под "присмотром" магнитно-резонансной визуализации всё то же самое: кофе с молоком, теннис, прогулка по дому.

В итоге оказалось, что деятельность мозга растительной пациентки и добровольцев – идентична.

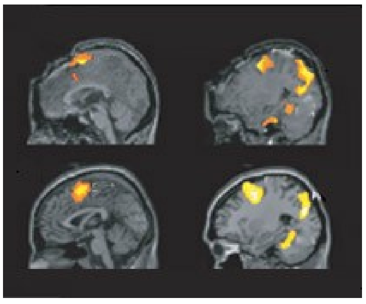
"Пациентка сохранила способность понимать голосовые команды и отвечать на них посредством мозговой активности, а не через речь или движения", — сообщили исследователи. "Вне всяких сомнений подтвердилось, что она осознавала себя и свою среду", — пишут они, правда, с оговоркой: "Маловероятно, что это верно для всех вегетативных пациентов".



Здесь показана мозговая активность трёх здоровых добровольцев, которых попросили мысленно поиграть в теннис. Деятельность мозга растительной пациентки доктора Оуэна была идентична.

"Она только редкая птица? Или мы будем видеть подобное как распространённое явление?" — спрашивает доктор Росс Зафонт (Ross Zafonte) из медицинской школы университета Питсбурга (University of Pittsburgh School of Medicine). Он назвал магнитно-резонансную визуализацию "уникальным способом оценить функции мозга" и сказал, что работа группы Оуэна "поднимают массу вопросов относительно сознания и того, как мы используем этот термин".

Другие эксперты, между тем, пока не убеждены, что результаты действительно показывают реакции пациентки на устные команды, полагая, что это может быть "инстинктивный ответ". "Исследование не демонстрирует сознание", — скептически отзываются они.



Верхняя пара – снимок мозга растительного пациента во время игры в теннис. Нижняя – снимок мозга добровольца за тем же занятием.

"Вы же не знаете, воображал ли пациент игру в теннис или просто отвечал на слово "теннис". Ответ на стимулы, даже сложные лингвистические стимулы, не даёт нам доказательства "решения" ответить. Отзыв на неожиданный болезненный укол булавки тоже не представляет такое "решение", — комментирует работу группы Оуэна невролог Имперского колледжа в Лондоне (Imperial College London) Пол Мэттьюс (Paul Matthews). — Есть много интересного в данном исследовании, но я думаю, что его результаты излишне смело интерпретируются".

"Наши результаты нельзя объяснить непроизвольной реакцией, — защищается Оуэн. — Мы показали, что слово "теннис" вызывает скоротечный ответ, длящийся лишь нескольких секунд, тогда как пациентка играла в теннис

приблизительно 30 секунд и остановилась только тогда, когда мы сказали ей остановиться и отдохнуть".

То, что и другие пациенты могут иметь "богатую и сложную внутреннюю жизнь", полагает и невролог Нарендер Рамнани (Narender Ramnani) из университета Лондона (Royal Holloway, University of London): "С учётом того, что такие пациенты могут быть сознательны и способны к принятию своих собственных решений, действительно ли можно считать приемлемой практикой для других людей заканчивать жизни этих пациентов без их согласия?" — спрашивает учёный.

И такие вопросы задаются всё чаще и чаще. На фоне развернувшихся дебатов многие вспомнили американку Терри Шиаво (Terri Schiavo), вегетативную пациентку, умершую в конце марта 2005 года в результате отключения систем жизнеобеспечения. Однако Оуэн говорит, что по сравнению с его пациенткой у Шиаво был более тяжёлый случай: она находилась в коме в течение 15 лет, почему её и признали фактически безнадёжной.

А вот для пациентки Оуэна, которая находится в коме всего пять месяцев, есть, по словам её доктора, "20-процентный шанс на восстановление".

В этом и состоит одна из главных проблем — тот факт, что растительное состояние может быть вызвано самыми разными травмами головного мозга и иметь неодинаковые последствия.

Так, люди, пострадавшие в меньшей степени и находящиеся в состоянии минимального сознания, вполне могут прийти в себя. К примеру, не так давно стало известно, что пациент в коме сам восстановил свой повреждённый мозг. Сообщалось также, что некоторых пациентов в вегетативном состоянии может пробудить сонный порошок.

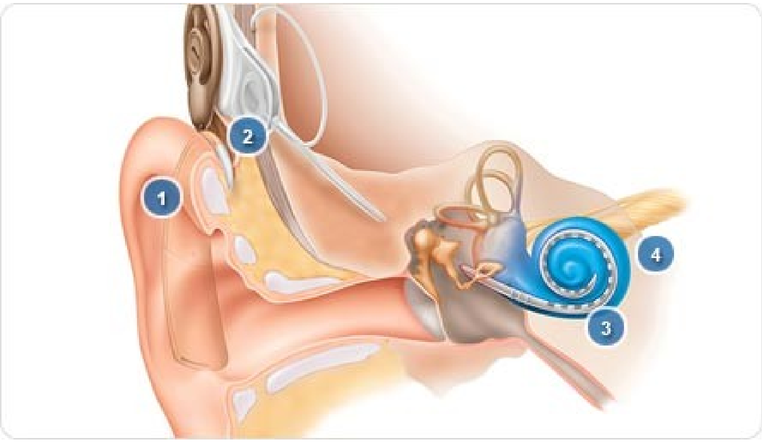
Всё вместе это означает, что почти каждый пациент отличается от других. И женщина в коме, играющая в теннис – несомненно, тоже.

Нейропротезы для восстановления слуха

Наиболее распространенный нейропротез на сегодняшний день – это кохлеарный имплант, или бионическое ухо, используемое для восстановления слуха в тех случаях, когда слуховой нерв не поврежден (чаще всего потеря слуха вызвана разрушением чувствительных волосковых клеток, которые находятся в улитке внутреннего уха и отвечают за преобразование звуков в электрические потенциалы). К 2008 году кохлеарные импланты были поставлены примерно 120,000 человек по всему миру.

Кохлеарный имплант представляет собой сложную техническую систему, которая берет на себя функции поврежденного внутреннего уха. Принцип его действия вкратце заключается в следующем: микрофон воспринимает звуки и передает их в речевой процессор. Процессор преобразует поступающие звуки в набор электрических импульсов, закодированных с помощью определенной стратегии, а затем направляет их на передатчик. Передатчик беспроводным путем посылает импульсы в приемник, имплантированный под кожей за ухом пациента. Приемник направляет этот набор импульсов на электроды, вживленные в улитку. Посредством электродных контактов электрические импульсы стимулируют слуховой нерв в различных областях улитки. Благодаря этому слуховой нерв генерирует электрические потенциалы и направляет их в мозг. Тем самым восстанавливается недостающее звено, а вместе с ним – процесс слуха.

Микрофон, речевой процессор и передатчик представляют собой наружные части системы кохлеарного импланта. Внутренние части системы – приемник и электроды – имплантируются в ходе хирургической операции под общим наркозом. Эта операция называется кохлеарная имплантация.



Кохлеарный имплант: 1 – речевой процессор, 2 - сигналы, 3 – электроды, 4 – слуховой нерв

Сегодня кохлеарные импланты применяются как при слухопротезировании взрослых, так и детей, в независимости от того, родились ли они глухими, или потеря слуха наступила позже. Чем короче для пациента был период глухоты, тем успешнее пройдет операция. Но если слуховой нерв в течение долгого времени не подвергался стимуляции, он не сможет достаточно хорошо проводить звуковую информацию в мозг даже при помощи импланта. Мозгу также необходим опыт в распознавании звуков с раннего детства. Именно поэтому так важно в случае

врожденной глухоты провести имплантацию до достижения ребенком пятилетнего возраста, а лучше всего — в возрасте трех лет, иначе время будет упущено безвозвратно.

С помощью современных кохлеарных имплантов дети способны воспринимать не только речь, но и весь диапазон звуков, доступных человеческому уху.

Уже существуют полностью встраиваемые кохлеарные импланты, которые не имеют никаких наружных частей, но пока они еще находятся на стадии тестирования (в 2005 году такие импланты были поставлены первым трем пациентам) и только через несколько лет поступят в массовое производство.

Кохлеарные импланты не могут использоваться людьми, у которых поврежден слуховой нерв. Для них существует другой имплант, который отличается от кохлеарного тем, что электроды подключаются не к слуховому нерву, а напрямую к стволу мозга. В настоящее время такие импланты поставлены более чем 500 человек по всем миру. Они не так эффективны, как кохлеарные: большинство прооперированных ощущают звуки очень поверхностно, и только несколько человек способны разобрать речь, не помогая себе при этом чтением по губам.

Список литературы

1. Теннис в коме вызвал дебаты о состоянии овоща www.membrana.ru
2. Головной мозг http://ru.wikipedia.org/wiki/Головной_мозг
3. FMRI http://en.wikipedia.org/wiki/FMRI
4. Оптическая топография www.gazeta.ru
5. Near infrared spectroscopy http://en.wikipedia.org/wiki/Near_infrared_spectroscopy
6. Jim Jatich http://www.zoominfo.com/people/Jatich_Jim_12207333.aspx
7. The Brain-Computer Interface (BCI) http://www.gtec.at/products/g.BCIsys/bci.htm
8. Emotiv's headset gives users mind-control over digital objects http://crave.cnet.com/8301-1_105-9874515-1.html
9. Полное неврологическое обследование http://www.solnet.ee/parents/log_44.html
10. Что такое кохлеарный имплант http://www.istok-audio.com/pages.php?part=info&sub=101
11. How cochlear implants work http://www.cochlearamericas.com/Products/13.asp
12. Cochlear implant http://en.wikipedia.org/wiki/Cochlear_implant
13. Auditory brainstem implant http://en.wikipedia.org/wiki/Auditory_brainstem_implant
14. Auditory brainstem implant http://www.hei.org/news/facts/abifact.htm
15. Brain-Machine Interface Engineering, Justin C. Sanchez and Jose C. Principe, 2007